

Aus der
Anatomischen Anstalt der Universität München
Vorstand: Prof. Dr. H. Frick

**Morphometrische Untersuchungen zur Wirkung
eines Anabolikums auf die Organentwicklung bei
trainierten und untrainierten Albinomäusen**

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin
an der Ludwig-Maximilians-Universität München

vorgelegt von

Reinhard Aigner
München
1979

Aus der
Anatomischen Anstalt der Universität München
Vorstand: Prof. Dr. H. Frick

**Morphometrische Untersuchungen zur Wirkung
eines Anabolikums auf die Organentwicklung bei
trainierten und untrainierten Albinomäusen**

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin
an der Ludwig-Maximilians-Universität München

vorgelegt von

Reinhard Aigner
München
1979



Mit Genehmigung des Fachbereichs Medizin der Universität München

Berichterstatter: Prof. Dr. H. Frick

Mitberichterstatter: Prof. Dr. R. Wetzstein

Dekan: Prof. Dr. W. Spann

Tag der mündlichen Prüfung: 2. August 1979

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Problematik	1
Methoden	4
Versuchsablauf und Ergebnisse	10
Besprechung	
a) Gesamtkörpergewicht und Fettanteil	15
b) Organe	20
Herz	23
Leber	29
Nieren	35
Milz	38
Gehirn	41
Zusammenfassung	45
Literaturverzeichnis	46



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41554611_0077

Problematik

=====

Die mit Anabolika bezeichnete Gruppe von steroiden Hormonen hatte zunächst als Therapeutikum z. B. bei konsumierenden Erkrankungen und in der postoperativen Behandlung Verwendung gefunden. Seit die eiweißaufbauenden Eigenschaften der Anabolika zu einer teilweise verbreiteten Anwendung im Sport führten, wird dieser Einsatz immer wieder heftig diskutiert. Mit den vorliegenden Versuchen soll ihre Wirkung auf die Organentwicklung von Trainierten und Untrainierten am Modell Albinomaus studiert werden.

Die anabole Wirkung der androgenen Hormone ist seit langem bekannt. KOCHAKIAN stellte 1935 nach Verabreichung androgen-aktiver Harn-extrakte eine Verminderung der Stickstoffgesamtausscheidung fest. Die Tatsache, daß der Stickstoff der Aminogruppe ein wichtiger Bestandteil der Aminosäuren als Bausteine der Eiweiße ist, und die Beobachtung, daß neben Stickstoff auch Kalium, Phosphor und Schwefel ohne Anstieg ihrer extrazellulären Konzentrationen retiniert werden, führte zur Annahme, die Stickstoffretention nach Androgenzufuhr sei Ausdruck eines Mehransatzes an Zelleiweiß, der sich vor allem in der Skelettmuskulatur bemerkbar machte. Auf welche Weise die Anabolika steuernd oder auch direkt ihre Wirkung erreichen, ist bisher unbekannt. Es ist jedoch anzunehmen, daß dies auf ähnlichen Wegen erfolgt wie bei den Androgenen, von denen ein mehrstufiger chemischer und physikochemischer Mechanismus in den Zellen bekannt ist. Dadurch wird eine ganz gezielte RNS-Synthese, im Endeffekt also Wachstum und spezifische Funktion der Zelle ausgelöst (SCHMIDT, 1977). Hauptwirkung der Anabolika ist somit und definitionsgemäß der positive

Einfluß auf den extrahepatischen Proteinstoffwechsel (HORKY, 1973). Für die Entstehung einer positiven Stickstoffbilanz bestehen folgende Möglichkeiten (CAMERINO, 1960):

- a) die gesteigerte Proteinsynthese
- b) die Verlangsamung des physiologischen Eiweißabbaus
- c) die Verminderung der Umwandlung von Aminosäuren in Harnstoff.

Diese auch das Körpergewicht beeinflussenden Faktoren stehen nun in ihrer Wirkung dem Training gegenüber. Man weiß, daß nach Beginn eines Trainings das Körpergewicht sinkt, während sich Training auf die Skelettmuskulatur im Sinne der Hypertrophie auswirkt. Viele nachfolgende Untersuchungen bestätigen das klassische Konzept der Aktivitätshypertrophie, das erstmals von MORPURGO (1898) beschrieben wurde (SCHIEFFERDECKER, 1903; SIEBERT, 1928; HOFFMANN, 1938; SKINNER, 1964; GOLLNICK, 1969; FAULKNER, 1971; WYDRA, 1972; GOLDSPINK, 1974; u. a.).

Training ist nicht eindeutig definiert. Jedenfalls bestimmen das Ziel und der erreichte Effekt, ob es sich um Training handelt. Dabei sind weder Art noch Form noch Dauer festgelegt. Im Fall des sportlichen Trainings wird dies immer die Erhöhung der Muskelkraft sein, wobei nicht nur bei dem was man "technische Disziplin" nennen könnte, die Übung von Fähigkeiten des ZNS hinzutritt.

NETT (1960) definiert Training als "die Summe aller Maßnahmen, die zur planmäßigen Steigerung der körperlichen Leistungsfähigkeit führt". HOLLMANN und HETTINGER (1976) bezeichnen Training als systematische Wiederholung gezielter überschwelliger Muskelanspannungen mit morpho-

logischen und funktionellen Anpassungserscheinungen zum Zwecke der Leistungssteigerung. Beide Versuche einer Begriffsbestimmung genügen nicht sämtlichen Ansprüchen, in Ermangelung eines anderen Begriffs mußten wir für unsere Versuche den Terminus "Training" beibehalten.

Vergleichende Informationen über die Wirkung der Anabolika bei Trainierenden und Nichttrainierenden sind, wenn man von einem Versuch, den TAYLOR (1973) durchgeführt hat, absieht, nicht greifbar. Die vorliegenden Versuche am Modell Albinomaus sollen einschlägige Daten mit genügender rechnerischer Absicherung beitragen.

In einer Reihe experimenteller Arbeiten hat sich die Allometrie-rechnung als geeignete quantitative Beziehung von Körpergesamtgewicht zu seinen Teilen gezeigt (KLATT, 1919; FRICK, 1957 I/II; 1958, 1961; KLEMMT, 1960; u. a.). Mit Hilfe dieser Allometrierechnung sollen die Einflüsse unserer Versuchsbedingungen auf die Gewichtsveränderungen einzelner Organe in Nichtabhängigkeit von Änderungen des Körpergewichts studiert werden.

Methoden

=====

Der morphometrische Nachweis der Wirkung von Anabolika bei trainierten und untrainierten Mäusen setzt ein standardisiertes Trainings- und Anabolikumapplikationsprogramm voraus. Um die Vergleichbarkeit mit früheren Versuchen (WYDRA, 1972) zu wahren, wurden deren Versuchsbedingungen (Tiermaterial, Dosierung, Versuchsdauer) im wesentlichen übernommen.

Die Auswahl der morphometrischen Parameter wurde in der von FRICK (1957) und KLEMMT (1960) angegebenen Weise getroffen. Um die Ergebnisse dieser Untersuchungen mit den Befunden anderer Arbeiten (u. a. WYDRA, 1972) vergleichen zu können, wurde eine vermehrte körperliche Tätigkeit in diesem Versuch wieder durch tägliches Training auf dem Laufband bewirkt.

Material

Untersucht wurden 200 weibliche, nicht gravide Albinomäuse vom Stamm "Agnes Blum" im Alter von 60 ± 4 Tagen. Diese wurden am Tag vor Versuchsbeginn (Tag 0) in 4 Gruppen zu je 50 Tieren eingeteilt, wobei die erste Gruppe K aus Kontrolltieren bestand, die unter den üblichen Laborbedingungen gehalten wurden. Die zweite Gruppe T absolvierte ein Lauftraining, die dritte Gruppe A erhielt das Anabolikum, die vierte Gruppe AT absolvierte zusätzlich zur Anabolikumbehandlung noch ein Lauftraining. Je 10 Tiere befanden sich in Makrolonkäfigen von 45 x 25 x 15 cm Größe bei Raumtemperatur und natürlich wechselnden Tag- und Nachtllichtverhältnissen. Trockenfutter (Altromin^R) und Wasser erhielten die Tiere ad libitum.

Behandlung mit Anabolika

Im Gegensatz zu früheren Versuchen gingen wir von der Reinsubstanz und nicht von pharmazeutischen Handelspräparaten aus. Die zu applizierende Einzeldosis wurde mit 0,1 ml bestimmt, wobei diese Menge einen Gehalt von 0,05 mg Methandrostenolon aufweisen sollte. Diese Menge entspricht der gewichts- und zeitäquivalenten Dosis beim Menschen. Um bei der Herrichtung der erforderlichen Präparation den Verdünnungsfehler möglichst gering zu halten, wurden 100 mg Methandrostenolon in 500 ml Olivenöl gelöst. Aufgrund seines Lösungsverhaltens wurde das Pulver zunächst in Äther gelöst, dann wurden Alkohol und anschließend wenig Olivenöl dazugegeben. Alkohol und Äther wurden langsam abgedampft und dabei schrittweise Olivenöl bis zum Endvolumen von 500 ml aufgefüllt. Die Applikation des Methandrostenolon bei den Gruppen A und AT erfolgte mittels Knopfkanüle in den Magen. Bei parenteraler Verabreichung waren Nekrosen beobachtet worden, deshalb wurde auf diese Art der Applikation verzichtet. Die orale Zufuhr erfolgte sechsmal und zwar am Tag vor Beginn, sowie am 5., 10., 15., 20. und 25. Tag des Versuches.

Für die Applikationsweise waren verschiedene Gesichtspunkte zu berücksichtigen. Zum einen sollte die Vergleichbarkeit mit früheren Versuchen gesichert werden, zum anderen führt die parenterale Applikation unter den gegebenen Bedingungen häufig zu Gewebse Nekrosen. Die Mischung des Wirkstoffes ins Futter gewährleistet keine standardisierte Aufnahme.

Welchen Einfluß eine solche intragastrale Gabe einer größeren Menge Olivenöl (als Trägersubstanz für Methandrostenolon auch in diesem Versuch gebraucht) hat, sollte die nachfolgende Untersuchung von WEX darstellen.

Tatsächlich sank in dem genannten Versuch das Gewicht trainierter Mäuse gegenüber der Kontrolle - wobei beide Gruppen reines Olivenöl verabreicht bekamen - nur um 7,5 %.

Durchführung des Trainings

Die Gruppen T und AT wurden einem täglichen Lauftraining von zweimal 30 Minuten an 30 Tagen unterzogen. Zur Eingewöhnung wurden sie am ersten Tag zweimal 10 Minuten und am zweiten Tag zweimal 20 Minuten trainiert. Die Tiere lernten verhältnismäßig schnell sich gegen das laufende Band zu bewegen.

Der für diese Versuchsserie konstruierte Apparat besteht aus einem 70 x 50 cm großen Fließband, das mittels Elektromotor angetrieben wird und einem darauf aufgesetzten 15 cm hohen Holzkasten, der durch neun Zwischenstege in 10 Laufboxen unterteilt ist. Um ein Entkommen der laufenden Mäuse zu verhindern und trotzdem die Tiere beobachten zu können, wurde ein Deckel aus Plexiglas aufgesetzt, der zur Belüftung ca. 1 cm große Löcher aufweist. Die Bandgeschwindigkeit beträgt konstant 17m/min, die während des täglichen Trainings zurückgelegte Wegstrecke beträgt also ca. 1000 Meter.

Alle fünf Tage wurde nach dem Vormittagstraining und vor der jeweils darauf folgenden Verabreichung des Anabolikums das Gewicht der Tiere einzeln bestimmt.

Tötung, Präparation und Probengewinnung

Am 31. Tag des Versuchs wurden die Tiere nach Feststellung des Lebendgewichts mit Äther betäubt, anschließend auf dem Rücken liegend fixiert. Nach Freilegen der V. brachiocephalica wurde aus dieser durch venae sectio Blut entnommen. Dabei wurde auf exakte und schnelle Arbeitsweise geachtet, da Mäuseblut wesentlich schneller gerinnt als Humanblut. Durch den Blutentzug trat in Kürze der Tod ein. Anschließend wurden die Tiere in der von KLEMMT (1960) beschriebenen Weise weiter morphologisch untersucht.

Auswertung und Statistik

Die (metrischen) Meßwerte wurden in Tabellen zusammengefaßt und mit dem t-Test auf dem 99,9 %-Niveau statistisch berechnet. Die Berechnung der Allometriekonstanten erfolgte nach den von BRODY (1945), FRICK (1957/II) und WETTE (1959) angegebenen Methoden.

In der Allometriegleichung: $y = b \cdot x^a$ wurde der Allometrieexponent a als Regressionskoeffizient der beiden Variablen $\log$ Körpergewicht (= X) und $\log$ Organgewicht (= Y) berechnet (BRODY, 1945; v.BERTALANFFY, 1957; FRICK, 1957/II). Die Formel für die Berechnung von a lautet daher:

$$a = \frac{\sum (X - \bar{X}) \cdot (Y - \bar{Y})}{\sum (X - \bar{X})^2}$$

Die Standardabweichung s_a wurde berechnet nach der Formel:

$$s_a = \sqrt{\frac{\sum (Y - \bar{Y})^2}{\sum (X - \bar{X})^2}} \cdot \sqrt{\frac{1 - r^2}{n - 2}}$$

Der Faktor b der Allometriegleichung (= Organkoeffizient) ergibt sich aus:

$$\log b = \bar{Y} - a\bar{X}$$

Der Korrelationskoeffizient r , der die Stärke eines geradlinigen Zusammenhangs zwischen den Variablen X und Y mißt, wurde nach der Formel berechnet:

$$r = \frac{\sum (X - \bar{X}) \cdot (Y - \bar{Y})}{\sqrt{\sum (X - \bar{X})^2 \cdot \sum (Y - \bar{Y})^2}}$$

Mit Hilfe der Varianzanalyse (Durchführung der Berechnungen nach WILLIAMS, 1959) wurde geprüft, ob zwischen dem für die einzelnen Gruppen errechneten Allometrieexponenten a des jeweils gleichen Organs eine signifikante Differenz besteht und ob - bei gleichem oder nur zufällig verschiedenem a - die Allometriegeraden eine wirklich verschiedene Lage aufweisen, d. h. der Faktor b überzufällig verschieden ist.

Die Maßzahl z (IMBRIE, 1956) gibt an ob die Allometrieexponenten zweier Stichproben überzufällig verschieden sind ($P < 0,05$ bei $z \geq 1,96$, $P < 0,01$ bei $z \geq 2,56$). Bei kleineren Werten eines "z-Anstieg" kann ein paralleler Verlauf der Allometriegeraden angenommen werden und es erscheint die Prüfung der "Differenz der Lage" sinnvoll. Nach der Berechnung eines für beide Stichproben gemeinsamen Allometrieexponenten a kann geprüft werden ob ein signifikanter Abstand der beiden Linien vorliegt (KERMACK, 1954). Für diesen Wert "z-Lage" gelten die gleichen Signifikanzgrenzen wie für z-Anstieg.

Versuchsablauf und Ergebnisse

Das Lauftraining wurde von den Tieren außerordentlich gut vertragen. In wenigen Fällen konnten Erschöpfungszustände beobachtet werden. Auch die Applikation mit der Magensonde überstanden die Tiere gut. Trotzdem fielen von der Gruppe A unmittelbar nach der Anabolikumgabe, vermutlich infolge einer Vagusreizung, 3 Tiere aus. Lauftraining und Instillieren des Anabolikum scheinen sich als Belastung ergänzt zu haben, von dieser Gruppe starben fünf Tiere. Außerdem wurden drei Tiere aus der Versuchsreihe ausgeschlossen, da sie wegen Verletzungen ihr Trainingsprogramm nicht einhalten konnten. Von der Kontrollgruppe K konnten alle Tiere quantitativ untersucht werden ($n = 51$). Von den jeweils in den Versuch eingesetzten 50 Tieren kamen in Gruppe A 48, in Gruppe T 50 und in Gruppe AT 42 Tiere zur Auswertung. Bestimmt wurden das Lebendgewicht, das Totgewicht, die Gewichte von Herz, Leber, Nieren, Milz, Lunge, sowie des exenterierten Magen-Darm-Kanals. In den Tabellen 1 - 4 werden die Organ Gewichte im einzelnen aufgeführt. In der Tabelle 5 werden die Mittelwerte der erzielten Organgewichte absolut und unter Bezug auf das "bereinigte Körpergewicht" zusammengefaßt. Dieses bereinigte Körpergewicht entsteht rechnerisch aus dem Totgewicht der Tiere nach Abzug der Gewichte von Magen-Darm, Harnblase und Gallenblase. Unter Relativgewicht der Organe wird der Vomhundertsatz des jeweiligen Organs am bereinigten Körpergewicht verstanden.

Tab. 1 Ergebnisse der Kontrollgruppe K (n = 50)

Ohr- marken- nummer	Gesamt- körper- gewicht	Herz (g)	Leber (g)	Nieren (g)	Milz (g)	Gehirn (g)
9	26,50	0,130	1,301	0,262	0,088	0,432
61	26,81	0,131	1,352	0,278	0,077	0,449
224	27,61	0,205	1,631	0,369	0,129	0,461
76	28,07	0,151	1,255	0,291	0,073	0,444
38	28,21	0,143	1,410	0,300	0,091	0,451
178	28,56	0,171	1,375	0,301	0,105	0,466
43	28,98	0,165	1,435	0,312	0,075	0,447
183	29,14	0,184	1,404	0,312	0,075	0,462
63	29,35	0,167	1,352	0,321	0,124	0,469
48	29,51	0,169	1,347	0,327	0,078	0,501
81	29,61	0,159	1,535	0,319	0,139	0,428
54	29,66	0,153	1,553	0,294	0,120	0,437
56	29,68	0,175	1,703	0,390	0,087	0,471
17	29,69	0,158	1,343	0,274	0,093	0,453
80	29,72	0,160	1,465	0,510	0,083	0,440
60	29,78	0,188	1,418	0,318	0,105	0,476
163	30,26	0,195	1,620	0,395	0,090	0,468
71	30,45	0,161	1,449	0,315	0,121	0,450
205	30,57	0,160	1,620	0,273	0,138	0,451
215	30,59	0,167	1,283	0,261	0,104	0,448
66	30,65	0,154	1,229	0,251	0,108	0,482
165	30,65	0,157	1,565	0,322	0,079	0,489
78	30,76	0,163	1,561	0,325	0,076	0,491
188	30,82	0,191	1,579	0,290	0,110	0,449
59	30,91	0,157	1,474	0,305	0,128	0,446
75	30,99	0,189	1,701	0,386	0,113	0,465
166	31,50	0,195	1,430	0,305	0,098	0,435
158	31,52	0,245	1,680	0,330	0,110	0,427
70	31,77	0,206	1,601	0,315	0,121	0,471
49	32,18	0,172	1,452	0,337	0,098	0,490
185	32,33	0,186	1,764	0,345	0,147	0,464
206	32,42	0,197	1,839	0,309	0,145	0,442
79	32,74	0,158	1,860	0,285	0,147	0,458
177	32,93	0,192	1,751	0,319	0,134	0,443
58	33,13	0,170	1,717	0,322	0,137	0,489
50	33,22	0,175	1,758	0,325	0,093	0,470
69	33,23	0,176	1,670	0,322	0,123	0,465
173	33,40	0,189	1,683	0,374	0,117	0,476
77	33,76	0,174	1,664	0,358	0,110	0,488
213	33,85	0,170	1,798	0,337	0,143	0,500
67	33,87	0,184	2,134	0,401	0,120	0,492
180	33,89	0,192	1,712	0,356	0,156	0,460
64	34,14	0,179	1,709	0,336	0,101	0,459
72	34,29	0,161	1,438	0,324	0,145	0,479
190	34,34	0,180	1,998	0,434	0,138	0,431
171	34,51	0,202	1,840	0,360	0,102	0,479
195	34,53	0,156	1,610	0,315	0,149	0,450
74	34,54	0,163	2,015	0,332	0,109	0,481
4	34,57	0,181	1,978	0,368	0,110	0,485
65	36,12	0,180	1,999	0,356	0,167	0,462
$\bar{X}$	31,473	0,172	1,589	0,322	0,111	0,462
S	2,310	0,020	0,218	0,046	0,024	0,020

Tab. 2

Ergebnisse der mit Anabolikum behandelten

Gruppe A (n = 48)

Ohr- marken- nummer	Gesamt- körper- gewicht	Herz (g)	Leber (g)	Nieren (g)	Milz (g)	Gehirn (g)
103	26,69	0,136	1,423	0,378	0,119	0,411
189	27,34	0,153	1,286	0,286	0,070	0,452
86	28,62	0,152	1,451	0,320	0,117	0,460
221	28,91	0,239	1,462	0,310	0,136	0,476
95	29,05	0,182	1,400	0,279	0,189	0,448
200	29,32	0,166	1,535	0,310	0,089	0,464
210	29,55	0,190	1,397	0,301	0,099	0,432
172	30,09	0,165	1,625	0,345	0,116	0,467
157	30,18	0,169	1,610	0,347	0,083	0,471
219	30,26	0,177	1,590	0,333	0,100	0,469
201	30,32	0,192	1,558	0,303	0,128	0,450
90	30,49	0,193	1,568	0,316	0,141	0,465
97	30,49	0,187	1,576	0,312	0,119	0,443
220	30,60	0,173	1,588	0,355	0,092	0,500
161	30,91	0,190	1,819	0,306	0,123	0,466
100	31,04	0,178	1,468	0,342	0,096	0,474
203	31,34	0,189	1,684	0,373	0,130	0,494
174	31,76	0,180	1,738	0,334	0,121	0,467
83	32,06	0,169	1,712	0,381	0,145	0,476
164	32,07	0,187	1,822	0,375	0,111	0,480
160	32,10	0,160	1,688	0,299	0,091	0,451
192	32,13	0,167	1,466	0,290	0,080	0,458
211	32,29	0,201	1,580	0,317	0,119	0,471
96	32,33	0,164	1,454	0,323	0,108	0,497
187	32,45	0,183	1,643	0,334	0,098	0,486
162	32,47	0,187	1,867	0,333	0,096	0,467
94	32,53	0,205	1,556	0,301	0,106	0,481
98	32,54	0,160	1,604	0,307	0,098	0,473
87	32,56	0,175	1,429	0,358	0,108	0,481
193	32,73	0,188	1,960	0,381	0,117	0,453
182	32,76	0,197	1,590	0,342	0,110	0,512
84	32,78	0,151	1,514	0,334	0,121	0,469
85	32,81	0,161	1,509	0,363	0,142	0,511
202	32,91	0,180	1,412	0,307	0,073	0,455
88	32,96	0,165	1,675	0,348	0,137	0,477
167	32,98	0,186	1,819	0,345	0,126	0,475
218	33,23	0,189	1,730	0,348	0,134	0,465
168	33,53	0,190	1,798	0,407	0,102	0,480
102	33,60	0,179	1,830	0,372	0,120	0,485
93	33,94	0,183	1,670	0,338	0,117	0,461
181	34,16	0,225	2,076	0,375	0,166	0,459
159	34,28	0,207	1,784	0,319	0,096	0,453
176	34,29	0,162	1,738	0,313	0,128	0,448
89	34,42	0,175	1,616	0,371	0,151	0,495
184	34,72	0,224	1,417	0,308	0,101	0,535
186	35,66	0,193	2,069	0,379	0,142	0,517
191	35,82	0,226	1,810	0,335	0,150	0,485
92	36,43	0,199	1,753	0,368	0,145	0,506
	32,003	0,179	1,6137	0,333	0,117	0,472
	2,101	0,021	0,177	0,030	0,030	0,023

Tab. 3

Ergebnisse der Trainingsgruppe T (n = 49)

Ohr- marken- nummer	Gesamt- körper- gewicht	Herz (g)	Leber (g)	Nieren (g)	Milz (g)	Gehirn (g)
42	23,96	0,150	1,097	0,275	0,080	0,437
19	24,41	0,134	1,218	0,292	0,078	0,478
23	24,41	0,176	1,283	0,275	0,085	0,415
28	24,74	0,135	1,072	0,228	0,072	0,433
47	25,31	0,183	1,492	0,319	0,055	0,446
73	25,49	0,170	1,293	0,281	0,091	0,449
11	25,62	0,149	1,384	0,263	0,092	0,405
8	25,68	0,136	1,093	0,281	0,070	0,452
36	26,30	0,145	1,269	0,313	0,070	0,463
51	26,33	0,174	1,450	0,279	0,081	0,468
16	26,38	0,182	1,125	0,265	---	0,435
35	26,91	0,168	1,313	0,314	0,074	0,469
53	26,91	0,167	1,432	0,290	0,093	0,481
24	26,95	0,160	1,417	0,311	0,076	0,480
39	27,17	0,154	1,329	0,288	0,109	0,441
34	27,24	0,175	1,548	0,257	0,104	0,423
12	27,27	0,145	1,281	0,257	0,058	0,467
29	27,30	0,155	1,306	0,307	0,056	0,443
1	27,39	0,165	1,192	0,345	0,100	0,487
14	27,42	0,170	1,445	0,330	0,088	0,460
5	27,45	0,171	1,210	0,259	0,050	0,459
22	27,52	0,174	1,394	0,308	0,091	0,478
15	27,54	0,170	1,209	0,297	0,078	0,460
18	27,58	0,195	1,381	0,313	0,080	0,472
10	27,73	0,160	1,160	0,312	0,053	0,462
40	27,84	0,158	1,424	0,306	0,124	0,434
45	27,87	0,156	1,374	0,322	0,068	0,470
37	27,98	0,164	1,453	0,318	0,090	0,455
57	28,05	0,155	1,426	0,330	0,091	0,463
62	28,05	0,169	1,435	0,280	0,091	0,463
2	28,16	0,172	1,290	0,298	0,086	0,445
7	28,16	0,159	1,353	0,317	0,080	0,467
46	28,16	0,180	1,437	0,275	0,098	0,427
26	28,19	0,173	1,315	0,310	0,085	0,463
41	28,30	0,159	1,396	0,286	0,090	0,447
27	28,55	0,168	1,330	0,299	0,087	0,473
30	28,55	0,178	1,517	0,260	0,093	0,491
20	28,62	0,190	1,370	0,331	0,102	0,472
32	28,69	0,178	1,321	0,271	0,085	0,432
25	28,93	0,162	1,518	0,319	0,071	0,488
6	28,96	0,175	1,604	0,309	0,115	0,455
68	28,98	0,180	1,437	0,300	0,078	0,497
13	29,09	0,167	1,317	0,295	0,126	0,481
31	29,09	0,183	1,583	0,323	0,106	0,470
21	29,22	0,208	1,500	0,302	0,089	0,441
44	29,46	0,184	1,493	0,273	0,091	0,438
55	29,66	0,182	1,312	0,309	0,128	0,427
33	29,89	0,154	1,451	0,262	0,095	0,455
52	29,95	0,179	1,629	0,318	0,075	0,482
X	27,530	0,1661	1,3628	0,2946	0,085	0,457
S	1,459	0,015	0,137	0,025	0,016	0,021

Tab. 4 Ergebnisse der mit Anabolikum behandelten
und trainierten Gruppe AT (n = 41)

Ohr- marken- nummer	Gesamt- körper- gewicht	Herz (g)	Leber (g)	Nieren (g)	Milz (g)	Gehirn (g)
124	22,67	0,170	1,252	0,315	0,088	0,445
125	23,21	0,142	1,400	0,344	0,083	0,445
119	23,84	0,166	1,259	0,256	0,070	0,444
126	24,00	0,144	1,028	0,266	0,063	0,462
122	24,25	0,187	1,326	0,305	0,074	0,445
121	24,34	0,175	1,332	0,265	0,071	0,428
36	24,87	0,164	0,982	0,253	0,059	0,475
120	25,01	0,158	1,573	0,300	0,079	0,432
137	25,15	0,138	1,145	0,307	0,060	0,451
130	25,29	0,152	1,162	0,279	0,076	0,472
139	26,03	0,149	1,047	0,260	0,059	0,467
134	26,10	0,150	1,176	0,271	0,066	0,465
135	26,30	0,163	1,167	0,269	0,073	0,450
108	26,51	0,141	1,438	0,276	0,072	0,446
145	26,67	0,162	1,227	0,277	0,070	0,469
110	26,74	0,151	1,250	0,327	0,088	0,462
132	26,80	0,160	1,272	0,290	0,093	0,435
144	27,03	0,165	1,397	0,303	0,119	0,456
156	27,47	0,208	1,229	0,282	0,082	0,449
128	27,53	0,173	1,251	0,301	0,072	0,464
127	27,84	0,170	1,309	0,284	0,071	0,460
141	27,96	0,163	1,195	0,310	0,073	0,461
129	28,02	0,163	1,448	0,317	0,083	0,460
149	28,23	0,163	1,360	0,312	0,091	0,469
155	28,52	0,173	1,470	0,313	0,101	0,466
147	28,59	0,170	1,587	0,324	0,075	0,463
146	28,74	0,161	1,505	0,312	0,073	0,497
109	28,96	0,166	1,401	0,332	0,111	0,423
131	29,08	0,177	1,411	0,299	0,095	0,460
140	29,19	0,150	1,406	0,310	0,080	0,444
117	29,45	0,185	1,313	0,287	0,069	0,487
153	29,88	0,189	1,414	0,325	0,069	0,509
113	29,94	0,174	1,523	0,313	0,101	0,500
112	30,21	0,183	1,397	0,361	0,102	0,461
152	30,55	0,172	1,470	0,390	0,075	0,470
148	30,62	0,192	1,957	0,398	0,120	0,498
154	31,13	0,180	1,574	0,323	0,064	0,481
115	31,22	0,179	1,780	0,458	0,166	0,458
151	31,71	0,197	1,810	0,360	0,100	0,510
116	31,86	0,183	1,753	0,392	0,116	0,485
133	32,18	0,197	1,399	0,299	0,075	0,452
X	27,80	0,1667	1,3639	0,3095	0,0852	0,463
S	2,544	0,028	0,209	0,043	0,016	0,021

Besprechung

a) Gesamtkörpergewicht und Fettanteil

Das Körpergewicht wird bei der gewählten Versuchsanordnung durch zwei Faktoren beeinflusst, die man bis zu einem gewissen Grad als Antagonisten ansprechen kann.

Auf Anabolika beziehungsweise auf Androgene reagiert der Säuger (dosisabhängig) mit Gewichtserhöhungen bis zu 15 % (ASHBURN et. al., 1962; BJERSTAF et. al., 1970; BEIGLBÖCK und BRUMMUND, 1960; BUCHNER, 1961; SCHWARTING und NETH, 1960; JOHNSON und O'SHEA, 1969; KOCHAKIAN et. al., 1948a; KOCHAKIAN und STETTNER, 1948b; DESAULLES et. al., 1959; FIEGEL, 1962; HETTINGER, 1960; NOWAKOWSKI und PARADA, 1958). Als Folge von Training hingegen ergibt sich - wiederum von der Intensität der geleisteten Trainingsarbeit abhängig - eine Gewichtsreduktion in einer ähnlichen Größenordnung, die sich nach einigen Angaben auf den Fettanteil konzentriert (KELLER et. al., 1971; POLLOCK, 1971; LEON und BLOOR, 1968; SKINNER, 1964; FIEGEL, 1962).

Im Gegensatz dazu wurde auch über Gewichtszunahmen im Rahmen eines aber nur an wenigen Tieren ($n = 6$) durchgeführten Schwimmtrainings berichtet (GORDON et. al., 1967). Auch STEINBACH (1968) konnte - allerdings am als Modell wesentlich weniger geeigneten Menschen - eine geringe Erhöhung des Gewichtes auf dosiertes Training beobachten.

Über die kombinierte Wirkung von Training und Anabolikum liegen drei Literaturangaben vor. TAYLOR (1973) hat an Ratten beobachtet, daß das

Gesamtkörpergewicht auf Anabolika um 4 % erhöht wurde, daß Training ein Sinken des Gesamtkörpergewichts von 26 % verursachte. Die kombinierte Anwendung rief ein etwas geringergradiges Absinken von 18 % hervor.

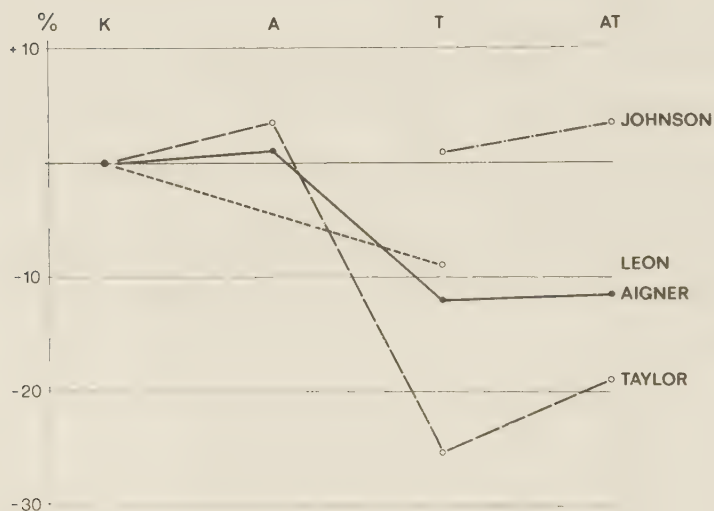


Abb. 1 Körpergewichte mehrerer Versuchsreihen
(K: Kontrolle, A: Anabolikumbehandlung,
T: Training, AT: Anabolikumbehandlung
und Training)

STEINBACH (1968) beobachtet bei jugendlichen Sportlern bezüglich Gewichtszunahmen den gleichen Effekt der Anabolika (also auch

A > K und AT > T), kann jedoch den gewichtsmindernden Einfluß des Trainings an seinem Material nicht bestätigen. JOHNSON und FISHER (1969) stellen bei gesunden Männern fest, daß ein Anabolikum zusätzlich zu einem Gewichthebertraining einen signifikanten Gewichts-gewinn gegenüber einer Gruppe, die nur trainierte, ergibt.

Das Körpergewicht als Bezugsgröße von Organ- und Extremitätengewichten ist besonders bedeutsam. Trotzdem müssen Einflüsse, die das Körpergewicht ändern, toleriert werden, wenn man den gleichen Einfluß auf ein Organ prüfen will. Bei allen Experimenten, die Einfluß auf Teilgewichte des Organismus haben, ändert sich auch das Gesamtkörpergewicht als Bezugsgröße. Um solche Einflüsse auszuklammern stehen rechnerische Verfahren, z. B. die sogenannte Allometrierechnung zur Verfügung. Es ist jedenfalls unzulässig so wie McCAFFERTY (1974) zu verfahren, der zur Nivellierung der Meßwerte die Kontrolltiere restriktiv fütterte.

Der Anteil des Fetts am Körpergesamtgewicht hängt von verschiedenen Faktoren (u. a. Ernährung, Klima, individuelle Stoffwechselsituation) ab und ist nicht ausschließlich von körperlicher Tätigkeit abhängig. Im Rahmen eines Trainings beobachteten POLLOCK (1971), SKINNER (1964) und FIEGEL (1962) eine Abnahme des Fettanteils am Körpergewicht, während HETTINGER (1960) die gleiche Beobachtung nach Anabolikumanwendung machte. Dabei wurde nie das nur auf chemischem Weg bestimmbare Gesamtfett des Körpers (z. B. aus der Muskulatur) bestimmt, sondern nur der präparatorisch erfaßbare Teil.

Während nun die Kontrolltiere während unseres Versuches um 13 % zunahmen, sie wiesen den höchsten Haut- und Fett- sowie den niedrigsten Extremitätengewichtsanteil auf, behielten die trainierten Tiere ihr Gewicht bei. Training konnte den Fettanteil erheblich senken, und zwar um 16 %, wobei die Anabolikumbehandlung zu einer zusätzlichen Verminderung des Fettgewebes führte ($A > K$ und $AT > T$). Das relative Gewicht der Extremitäten nahm dabei erheblich zu. Dies bestätigt frühere Ergebnisse und läßt den Schluß zu, daß Gewicht von Fettanteilen auf die Muskulatur respektive die Extremitäten verlagert wird. Das mittlere relative Gewicht speziell der Hinterextremitäten wurde somit durch Anabolikum und Training deutlich erhöht. Training allein hatte bei dieser Gewichtsverlagerung einen größeren Effekt als das Anabolikum, beide Einflüsse scheinen sich in unserem Versuch direkt addiert zu haben (z. B. bei den hinteren Extremitäten: A: + 3,1 %; T: + 5,8 %; AT: + 14,2 % des relativen Gewichts).

In unseren Versuchsgruppen (siehe Tabelle 5 und Abbildung 1) betrugen die Absolutgewichte (lebend, bei Versuchsende) im Mittel für die Kontrolle 31,47 g, für die Anabolikumgruppe 32,00 g, für die trainierte Gruppe 27,53 g und für die Gruppe "Anabolikum und Training" 27,80 g. Vergleicht man diese Werte mit der Kontrollgruppe, so ergibt sich, daß Anabolikum allein eine geringere Gewichtszunahme (1,7 %), Training hingegen einen bedeutenden Gewichtsverlust (12,5 %) bewirkt, den eine zusätzliche Anabolikumbgabe (AT) nicht auszugleichen vermag. Diese Befunde decken sich weitgehend mit den Beobachtungen von LEON (1968), TAYLOR (1973) sowie JOHNSON und FISHER (1969).

Der Einfluß des Anabolikum auf das bei Versuchsende ermittelte Gesamtgewicht war entgegen unserer Erwartung gering. Möglicherweise verhinderte die körperliche Belastung durch die intragastrale Verabreichung des Wirkstoffs in einer größeren Menge Trägersubstanz (Olivenöl) eine stärkere Gewichtszunahme. Für weitere Versuche wird deshalb die gleichartige Gabe von Placebopräparaten an die Kontrolltiere als unbedingt notwendig angesehen.

b) Organe

Zwischen der Größe eines Organismus und der seiner Teile bestehen feste, regelhafte Beziehungen, die für die Beziehung Organgewicht - Körpergewicht in früheren Darstellungen ausführlich behandelt wurden. Auch in den vorliegenden Versuchen wurde diese Beziehung, repräsentiert durch die beiden Maßzahlen a und b, untersucht. Dabei wird auf die Untersuchungen von SEELIGER (1960) und CLASS (1961) jeweils Bezug genommen. SEELIGER hat ebenfalls an Albinomäusen (erb-reiner Stamm "Agnes-Bluhm", BLH) grundlegende quantitative Untersuchungen angestellt, die von entsprechenden Ergebnissen bei CLASS über den Einfluß vermehrter körperlicher Tätigkeit auf die Organge-wichte schwimmender Tiere ergänzt wurden.

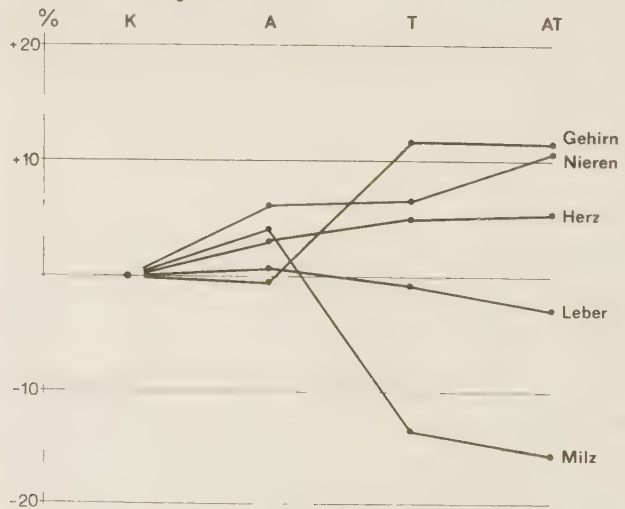


Abb. 2 Gewichtsanteile der Organe Herz, Leber, Nieren, Milz und Herz am Nettokörpergewicht unter Bezug auf die Befunde der Kontrollgruppe (K = Kontrolle, A = Anabolikum, T = Training, AT = Anabolikum bei gleichzeitigem Training)

Die Gewichtsentwicklung der Organe in den einzelnen Gruppen unseres Versuches und ihre Werte, bezogen auf das bereinigte Körpergewicht, sind in Tabelle 5 aufgeführt. In Abbildung 2 sind die Relativgewichte der Organe Herz, Nieren (beide), Leber und Milz unter Bezug auf die Werte der Kontrollgruppe dargestellt.

Tabelle 5

Ergebnisse Organe

	Kontrolle	Anabolika	Training	Anabolika + Training
	(n = 50)	(n = 47)	(n= 48)	(n = 40)
Körpergewicht Versuchsende (Totgewicht, g)	31,473	32,003	27,538	27,638
bereinigtes Körpergewicht (Kg 1, g)	25,244	25,891	22,328	22,400
Herz				
abs. Gewicht (g)	0,172	0,179	0,166	0,167
rel. Gewicht (Kg 1)	0,681	0,691	0,744	0,744
Leber				
abs. Gewicht (g)	1,589	1,614	1,363	1,346
rel. Gewicht (Kg 1)	6,295	6,233	6,104	6,089
Nieren (beide)				
abs. Gewicht (g)	0,322	0,333	0,295	0,310
rel. Gewicht (Kg 1)	1,276	1,286	1,320	1,382
Milz				
abs. Gewicht (g)	0,110	0,115	0,083	0,085
rel. Gewicht (Kg 1)	0,436	0,443	0,374	0,378
Gehirn				
abs. Gewicht (g)	0,462	0,472	0,458	0,463
rel. Gewicht (Kg 1)	1,830	1,822	2,050	2,066

Herz

Langdauerndes sportliches Training führt am Herzen zu einer Gewichtszunahme (KIRCH und NORMBERGER, 1939; BEICKERT, 1954; PITTS et. al., 1974), das relative Herzgewicht nimmt zu (CLASS, 1961; LEON und BLOOR, 1968; BUUCK und THARP, 1971; ØSTMANN und SJØRSTRAND, 1971; OSCAI et. al., 1971). Nach Beendigung der sportlichen Tätigkeit kehren Herzgröße und Herzgewicht zu den ursprünglichen Größen zurück (KIRCH und NORMBERGER, 1939; LEON und BLOOR, 1968). Die Gewichtszunahme des Herzens wie der Skelettmuskulatur erfolgt nur durch Massenzunahme der einzelnen Muskelfasern, also durch Hypertrophie, und nicht durch Vermehrung der Faserzahl (THÖRNER, 1935; LINZBACH, 1947; WYDRA, 1972). Die Hypertrophie des Herzens nach Training wurde bereits 1915 von HATAI beobachtet, der bei Ratten feststellte, daß das Herzgewicht in einer engeren Relation zum Ausmaß als zur Dauer des Trainings steht und daß der Zuwachs bis zu 20 % betragen kann. Gleiche Beobachtungen machen BEICKERT (1954) und SONG (1973) bei Meerschweinchen, die einem längeren Schwimmtraining unterworfen wurden. Das mittlere relative Herzgewicht nimmt bei den 23 Trainingstieren gegenüber den "Ruhetieren" um durchschnittlich 18,4 % zu (BEICKERT, 1954).

Während nach KIRCH und NORMBERGER (1939) bei der Vergrößerung des Herzens besonders der rechte Ventrikel betroffen ist, steht nach FRANK (1950) die Linkshypertrophie im Vordergrund. Morphologisch imponiert eine "Hypertrophie aller vier Herzhöhlen", wobei das kritische Herzgewicht von 500 g im Gegensatz zur pathologischen Druck- und Volumenbelastung nicht überschritten wird (FRANK, 1950).

Anabole Substanzen beeinflussen nicht nur die Skelettmuskulatur, sondern auch die Herzmuskulatur. Der Anteil der spezifisch kontraktilen Herzmuskelpoteine vermehrt sich (BLASIUS et. al., 1959a, b), wodurch ein "digitalis"-ähnlicher Effekt wie Erhöhung des Schlagvolumens und Erniedrigung der Herzfrequenz entsteht. Hinzu kommt angeblich eine Zunahme der arteriellen Durchblutung im Bereich der Koronarien (FIEGEL, 1962).

Deutliche Gewichtsveränderungen des Herzens konnten TAYLOR et. al. (1973) bei trainierten Ratten beobachten (Abbildung 3). Nach Gabe des Anabolikum vermindert sich das absolute Herzgewicht nur um 2 %, bei Training allein um 4 %, während sich das Herzgewicht bei Anabolikum mit Training um 2 % erhöhte (Absolutwerte, TAYLOR). Das relative Herzgewicht nimmt nach TAYLOR bei Anabolikum um 6,3 % ab, dagegen steigt es bei Training um 25,3 %, bei Anabolikum mit Training sogar um 30,6 %.

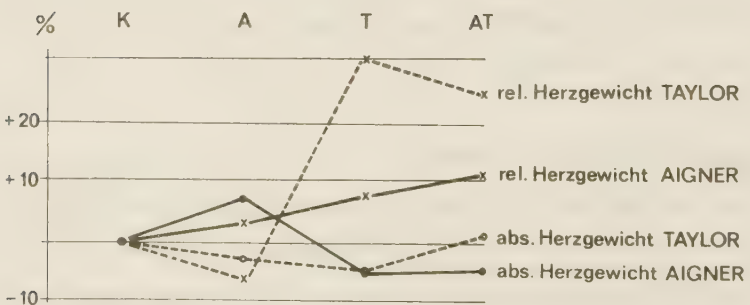


Abb. 3 Relative und absolute Herzgewichte aus den vorliegenden Untersuchungen und dem Versuch von TAYLOR (1973)

Im vorliegenden Versuch beträgt das mittlere absolute Herzgewicht (g) bei

K	0,172 ($\pm$ 0,020)	(0,130 - 0,245)
A	0,179 ($\pm$ 0,021)	(0,136 - 0,239)
T	0,166 ($\pm$ 0,015)	(0,134 - 0,208)
AT	0,167 ($\pm$ 0,028)	(0,138 - 0,208).

Die Relativgewichte erhöhten sich gleichmäßig in der Reihenfolge $K < A < T < AT$. So ergibt sich für die Gewichtsentwicklung des Herzens zwar ein positiver Einfluß des Anabolikums (+ 2,7 %), jedoch wird dieser Effekt erst in den beiden trainierten Gruppen mit jeweils 8,7 % Zunahme deutlich.

Die Werte a, b und r als Maßzahlen der allometrischen Berechnung sind im folgenden einzeln aufgeführt.

	K	A	T	AT
a	0,735	0,685	0,777	0,570
b	0,016	0,019	0,015	0,028
r	0,498	0,461	0,422	0,592

Der Wert a unserer Kontrollgruppe liegt mit 0,735 im gleichen Bereich wie der von SEELIGER (0,743) für untrainierte Tiere und der Wert 0,712 von CLASS für Schwämmäuse.

Die Prüfquotienten aus der Varianzanalyse betragen innerhalb unserer Gruppen für den Anstieg

z_{Anstieg}		
K/A	0,3896	
K/T	- 0,3023	
K/AT	1,4218	sämtliche $\leq 1,96$ (P 0,05).
A/T	- 0,6554	
A/AT	0,9684	
T/AT	1,6098	

Bei Prüfung auf Steigungsunterschiede der Allometriegeraden übersteigt somit kein Wert die Signifikanzschränke, es kann also davon ausgegangen werden, daß die Allometrieexponenten a sich lediglich zufällig unterscheiden und der Einfluß des Körpergewichts auf das Herzgewicht bei den vier Gruppen gleich ist. Dies gilt auch für die gleiche Prüfung der Allometriegeraden der Versuchsgruppen gegen das ganze Kollektiv:

z_{Anstieg}		
K/Gesamt	0,384	
A/Gesamt	0,074	sämtliche $\leq 1,96$ (P 0,05)
T/Gesamt	0,597	
AT/Gesamt	- 0,650	

Unter Zugrundelegung eines gemeinsamen Allometrieexponenten $a = 0,673$ für alle vier Versuchsgruppen lassen sich "neue" Allometriekoeffizienten errechnen, die die durchschnittlichen Relativgewichte des Herzens exakt bestätigen:

	K	A	T	AT
durchschnittliches relatives Herzgewicht (%)	0,681	0,691	0,744	0,744
b	0,0196	0,0201	0,0206	0,0206

Die daraus sich ergebenden Allometriegraden sind in Abbildung 4b dargestellt.

Die Lage der Allometriegraden der vier Versuchsgruppen läßt sich als gleichmäßige, aber geringere Erhöhung des Herzgewichts auf die externen Faktoren Training bzw. Training mit Anabolikum interpretieren.

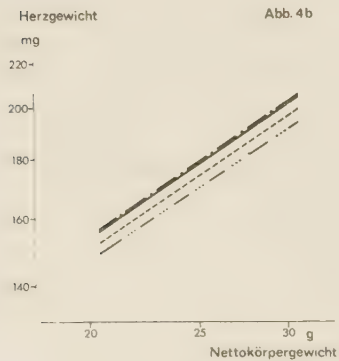
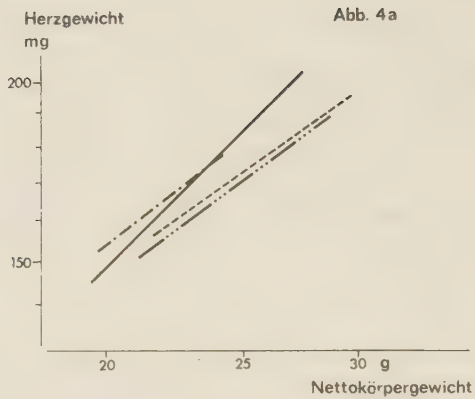


Abb. 4a

Graphische Darstellung der Beziehungen zwischen dem Nettokörpergewicht und dem Gewicht des Herzens

— ... —	Kontrolle	$(y_K = x^{0,73} \cdot 0,016)$
- - - - -	Gruppe A	$(y_A = x^{0,68} \cdot 0,019)$
- . - . - .	Gruppe T	$(y_T = x^{0,777} \cdot 0,014)$
—————	Gruppe AT	$(y_{AT} = x^{0,57} \cdot 0,028)$

Abb. 4b

Verlauf der Allometriegeraden nach Zugrundelegung eines gemeinsamen Allometrieexponenten

Leber

Die absoluten Lebergewichte betragen in den vier Stichproben dieses Versuches durchschnittlich

K:	1,589 g	($\pm$ 0,218)	(1,229 - 2,134)
A:	1,614 g	($\pm$ 0,177)	(1,268 - 2,076)
T:	1,363 g	($\pm$ 0,137)	(1,072 - 1,629)
AT:	1,364 g	($\pm$ 0,209)	(0,982 - 1,957)

Die relativen Lebergewichte betragen für K: 6,295, A: 6,233, T: 6,104 und AT: 6,089 %.

Die vergrößerte Leber des Sportlers interpretiert THÖRNER (1935), der sie nicht selten bei gesunden hochtrainierten Dauerleistern findet, aufgrund ihres erhöhten Glykogengehaltes als Energiereservoir. Diese Ansicht wird auch noch unterstützt durch die Beobachtung, daß die Leber in der Lage ist, vermehrt Lactat zu utilisieren (KEUL, 1976), und weil weder eine entzündliche Reaktion noch eine Erhöhung der Leberenzyme festzustellen ist (THÖRNER, 1925). Nach CLASS ergab sich nach Training eine Erhöhung des Leberkoeffizienten, die aber noch im Zufallsbereich lag. McCAFFERTY (1974), der zur Nivellierung der Meßwerte die Kontrolltiere allerdings restriktiv fütterte, beobachtete ebenfalls bei Training eine Erhöhung des Lebergewichts um ca. 10 - 20 %. Eine Verkleinerung der absoluten Lebergewichte konnte TAYLOR (1973) bei trainierten Ratten beobachten, bei der gleichen Species stellte SONG (1973) fest, daß Training keinen signifikanten Einfluß auf das Lebergewicht hat.

Die Wirkung anaboler Substanzen auf die Leber überprüften HORKY (1973) und TAYLOR (1973). Beide Autoren sind sich einig, daß das Lebergewicht durch Anabolikum nicht beeinflußt wird.

Ein Vergleich unserer Ergebnisse mit den Befunden von TAYLOR zeigt, daß das absolute Lebergewicht durch das Training in beiden Versuchen gleichartig beeinflußt wurde. Gleich ob mit oder ohne Anabolikum bewirkt Training eine Abnahme des absoluten Lebergewichtes von ca. 20 %. Bezieht man diese Gewichte allerdings auf das Körpergewicht, scheint in diesem Versuch der Gewichtsanteil der Leber durch Anabolika nicht und in den beiden Trainingsgruppen, gleich ob mit oder ohne Anabolikum, nur gering beeinflußt zu sein. Allerdings ist bei TAYLOR eine geringe Reduktion des Gewichtsanteiles durch Anabolika durchaus zu erkennen (Abbildung 5).

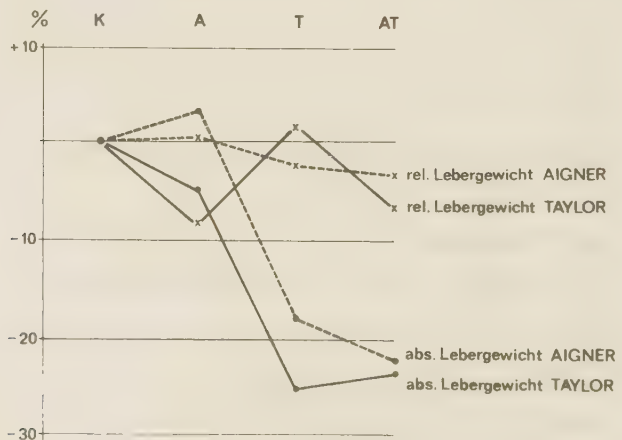


Abb. 5 Vergleich der absoluten und relativen Lebergewichte aus dem Versuch von TAYLOR mit der vorliegenden Untersuchung

TAYLOR (1973) stellte darüberhinaus auch noch fest, daß Training bei zusätzlicher Verabreichung von Anabolikum keine Wirkung auf das relative durchschnittliche Lebergewicht zeigt und daß der gewichtsvermindernde Effekt von Training auf das Absolutgewicht von einer zusätzlichen Anabolikungabe nur unwesentlich vermindert wird. Änderungen der Lebergröße erfahren unter den betrachteten Einflüssen in der Literatur keine eindeutige Bestätigung (SALTIN, 1969; HOFFMANN, 1938; BARNARD, 1970). SONG (1973) verneint die Beeinflussungsmöglichkeit des Lebergewichts überhaupt.

Die aus der allometrischen Auswertung der Leberbefunde gewonnenen Maßzahlen sind im folgenden zusammengestellt.

	K	A	T	AT
a	1,3940	0,6764	0,9037	0,8204
b	0,0177	0,1786	0,0823	0,1064
r	0,4980	0,4613	0,4695	0,5215

Der Leberexponent unserer Kontrolle stimmt mit der Literatur nicht überein. CLASS und SEELIGER geben Werte zwischen 0,93 und 1,099 an. Der Wert a unserer Kontrolle beträgt hingegen 1,394 und ist sicher durch unbekannte Faktoren so beeinflusst, daß er für die Betrachtung der Zusammenhänge nicht herangezogen werden kann. Die Werte der Versuchsgruppen liegen sämtlich bei den von SEELIGER und CLASS angegebenen Werten für a. Die Unterschiede zwischen den Leberexponenten der Versuchsgruppen sind zufällig. Der Leberkoeffizient (0,08 für T bis 0,17 für A) liegt noch im Bereich früherer Angaben (z. B. CLASS: 0,07).

Koeffizient und Exponent der Allometriegleichung liegen bei den trainierten Tieren dieses Versuches im gleichen Bereich wie bei den trainierten Tieren von CLASS:

	CLASS	AIGNER
a	0,930	0,904
b	0,073	0,082

Das Training führte somit in beiden Versuchsgruppen zu einer Erhöhung des Leberkoeffizienten b. Dies steht in Einklang mit der Beobachtung von THÖRNER, wonach Leistungssportler ein höheres Lebergewicht aufweisen. Ob das Lebergewicht der trainierten Tiere allerdings überzufällig vom Lebergewicht unserer Kontrollgruppe verschieden und somit der Trainingseinfluß zu sichern ist, läßt sich angesichts des abweichenden Leberexponenten der Gruppe T nicht nachweisen.

Die Prüfung des Anstiegs der Allometriegraden zwischen den Versuchsgruppen ergab die folgenden Prüfwerte

A/T	- 1,5130	⋈ 1,96	(P 0,05)
A/AT	0,5064	⋈ 1,96	(P 0,05)
T/AT	- 0,9866	⋈ 1,96	(P 0,05)

Die Allometriegraden der drei Versuchsgruppen unterscheiden sich untereinander im Anstieg nicht.

Errechnet man für die Gruppen A, T und AT einen gemeinsamen Leberexponenten ($a = 0,778$) so ergeben sich die Koeffizienten $b = 0,128$ für A sowie 0,121 für T und AT. Anabolikum allein hatte demnach einen größeren Einfluß als das Training in den Gruppen T und AT.

Somit ergibt sich für den untersuchten Bereich eine Beeinflussung der Lebergröße im Vergleich der drei untersuchten Faktoren in der Reihenfolge $A > T = AT$.

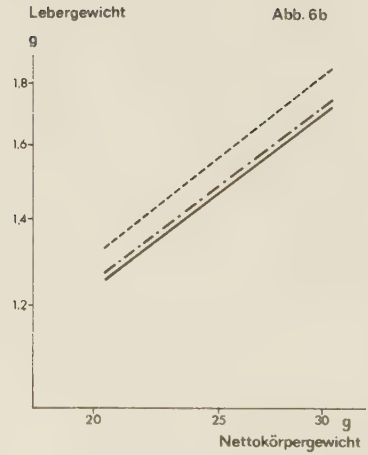
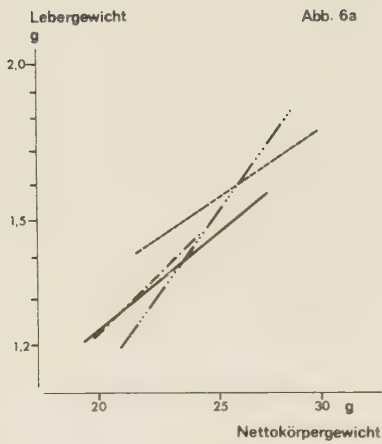


Abb. 6a

Graphische Darstellung der Beziehung zwischen dem Nettokörpergewicht und dem Gewicht der Leber

$\text{---} \dots \text{---}$ Kontrolle ($y_K = x^{1,39} \cdot 0,017$)
 $\text{---} \text{---} \text{---}$ Gruppe A ($y_A = x^{0,67} \cdot 0,17$)
 $\text{---} \cdot \text{---} \text{---}$ Gruppe T ($y_T = x^{0,9} \cdot 0,082$)
 --- Gruppe AT ($y_{AT} = x^{0,82} \cdot 0,10$)

Abb. 6b

Verlauf der Allometriegeraden nach Zugrundelegung eines gemeinsamen Allometrieexponenten

Nieren

Das absolute Gewicht der (jeweils beiden) Nieren beträgt in den vier Gruppen dieses Versuches

K:	0,325 g	($\pm$ 0,046)	(0,262 - 0,434)
A:	0,335 g	($\pm$ 0,030)	(0,279 - 0,407)
T:	0,295 g	($\pm$ 0,025)	(0,228 - 0,345)
AT:	0,309 g	($\pm$ 0,043)	(0,253 - 0,458) .

Die relativen Nierengewichte betragen für K: 1,276, für A: 1,286, für T: 1,320 und für AT: 1,382 %.

Unter Trainingseinfluß beobachteten CLASS (1961) ebenso wie McCAFFERTY (1974) eine deutliche Gewichtserhöhung der Nieren. Bei McCAFFERTY steigt das absolute Gewicht immerhin bis zu 30 %.

Renotrope Effekte von Androgenen wurden bereits von KORENCHEVSKY (1940) und, besonders bei vorgeschädigten Nieren, von SELYE (1940) beobachtet. Daß auch Anabolika das Nierengewicht beeinflussen, wurde 1949 von HENDERSON beschrieben, dabei ist fast ausschließlich der Rindenanteil durch Hypertrophie der Epithelien der Bowmanschen Membran und der Tubuli contorti betroffen. HORKY (1973) hat das gleiche Anabolikum wie in diesem Versuch auf seine Wirkung auf die Niere überprüft und eine eindeutige Erhöhung des Nierengewichts registriert.

Die relativen Gewichte verhalten sich im vorliegenden Versuch etwa wie die des Herzens. Training und Anabolikum bedeuten für das relative

Nierengewicht eine Erhöhung von 1 bzw. 3 %, beide Einflüsse addieren sich zu 8 % Gewichtserhöhung für die Gruppe AT (siehe Tabelle 5 und Abbildung 2).

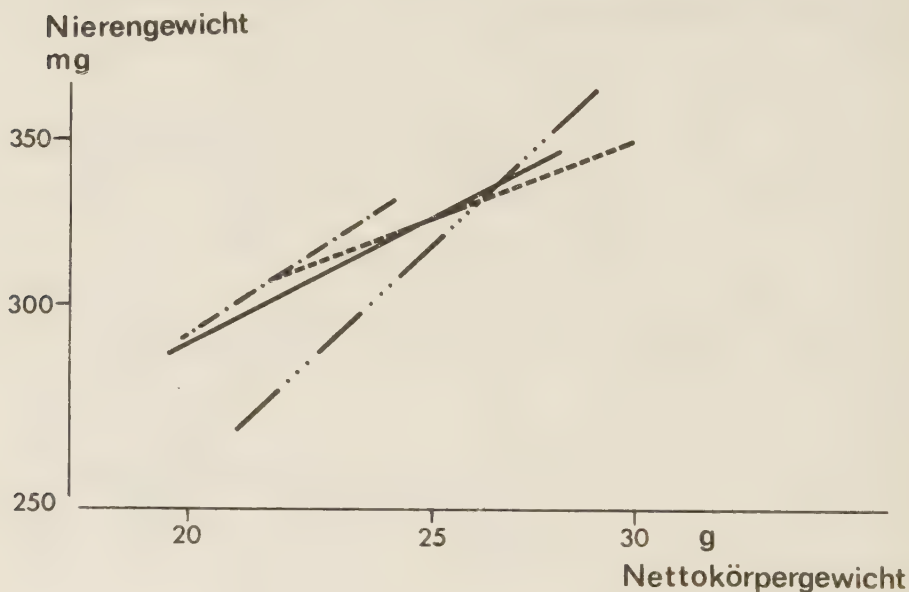


Abb. 7 Graphische Darstellung der Beziehungen zwischen dem Nettokörpergewicht und dem Nierengewicht

— · — · —	Kontrolle	$(y_K = x^{0,95} \cdot 0,014)$
- - - - -	Gruppe A	$(y_A = x^{0,41} \cdot 0,08)$
- · - · - · -	Gruppe T	$(y_T = x^{0,56} \cdot 0,051)$
—————	Gruppe AT	$(y_{AT} = x^{0,54} \cdot 0,056)$

Die allometrischen und statistischen Maßzahlen der Niere betragen

	K	A	T	AT
a	0,950	0,419	0,561	0,547
b	0,0149	0,0852	0,0516	0,0563
r	0,576	0,388	0,328	0,405

Die logarithmischen Werte des Körper- und des Nierengewichts sind in der Kontrollgruppe deutlich ($r = 0,576$) korreliert. Diese Bindung ist in den Experimentalgruppen deutlich geringer. Die varianzanalytische Untersuchung auf Steigung und Lage der Allometriegereichen ergibt

	z_{Steigung}		z_{Lage}	
K/A	4,122 > 2,58	(P 0,01)	-----	
K/T	2,805 > 2,58	(P 0,01)	-----	
K/AT	1,431 <		2,50 > 1,96	
A/T	1,431 <		1,63 < 1,96	
A/AT	1,275 < 1,96	(P 0,01)	1,59 < 1,96	(P 0,05)
T/AT	0,116 <		0,02 < 1,96	

Die Gruppe K unterscheidet sich im Anstieg überzufällig von der anabolikumbehandelten und der trainierten Gruppe, zwischen den Gruppen A, T und AT bestehen hingegen nur zufällige Unterschiede. Bei der Prüfung dieser drei Versuchsgruppen auf Differenz der Lage ergaben sich keine Unterschiede. Lediglich die Gruppe AT unterscheidet sich auffällig ($P < 0,05$) von den Werten der Gruppe K.

Die Nierenkoeffizienten betragen bei gemeinsamem Exponenten ($a = 0,544$) für Gruppe A: $b = 0,057$, für Gruppe T: $b = 0,055$ und für Gruppe AT: $b = 0,054$.

Ein renotroper Effekt des Anabolikums bzw. des Trainings läßt sich somit an unserem Material nicht nachweisen.

Milz

Das absolute Gewicht der Milz beträgt für die vier Gruppen durchschnittlich

K:	0,110 g	($\pm$ 0,024)	(0,073 - 0,156)
A:	0,115 g	($\pm$ 0,036)	(0,070 - 0,151)
T:	0,083 g	($\pm$ 0,016)	(0,055 - 0,128)
AT:	0,085 g	($\pm$ 0,016)	(0,059 - 0,160) .

Die relativen Milzgewichte betragen für K: 0,436, für A: 0,443, für T: 0,374 und für AT: 0,378 %.

Es ergaben sich folgende allometrische und statistische Maßzahlen

	K	A	T	AT
a	1,664	1,308	0,672	0,915
b	0,00054	0,00162	0,0103	0,0049
r	0,533	0,390	0,164	0,247 .

Die Prüfung auf Unterschiede im Anstieg der Allometriegeraden ergab für die Milz folgende Werte

	z_{Anstieg}	
K/A	1,233	< 1,96 (P 0,05)
K/T	4,353	> 2,58 (P 0,01)
K/AT	2,956	> 2,58 (P 0,01)
A/T	3,046	> 2,58 (P 0,01)
A/AT	1,684	< 1,96 (P 0,05)
T/AT	- 1,390	< 1,96 (P 0,05) .

Damit erweisen sich die Gruppen K und T, K und AT sowie A und T als überzufällig durch die Exponenten a beeinflußt. Ob dies tatsächlich der Ausdruck des Körpergewichtseinflusses ist, ob hier lediglich das Rechenverfahren versagen mußte oder ob andere somatische oder präparatorische Faktoren eine Rolle gespielt haben, kann nicht festgestellt werden.

Die außerordentliche Variabilität des Milzgewichts verhinderte bisher genügende Beobachtungen über das Milzgewicht und seinen Körpergewichtsanteil. Lediglich über Geschlechtsunterschiede wird zum Teil ausführlich berichtet (SALLER, 1931; HARDE, 1954/55; ROTHE, 1934; KOPEC, 1939). Die bisher vorliegenden Untersuchungen über die Größe der Milz nach Training ergeben dementsprechend widersprüchliche Befunde. Während SMODLAKA (1960) über eine Vergrößerung der Milz als Trainingsfolge berichtet, sieht HOFFMANN (1938) eine Verkleinerung. McCAFFERTY (1974), der das Milzgewicht bei Ratten bestimmt hat, sieht einen eindeutigen Gewichtsgewinn der Milz nach Training.

In unserem Versuch zeigte sich, ebenso wie bei TAYLOR (1973), daß die Milz in hohem Maße von Training beeinflußt wird, während Anabolikum einen geringeren Einfluß zeigte (Abbildung 9). Nahezu gleiche Ergebnisse bei Absolut- wie bei Relativwerten verdeutlichen dieses Ergebnis.

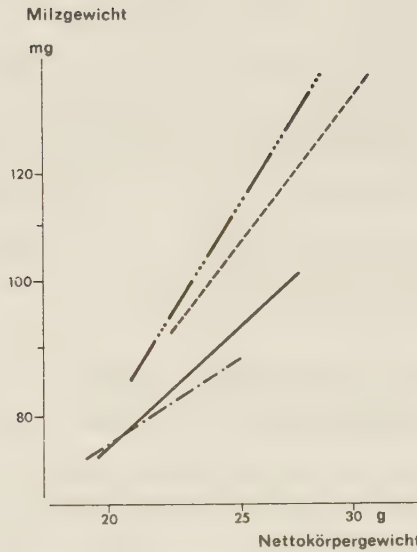


Abb. 8

Graphische Darstellung der Beziehungen zwischen dem Nettokörpergewicht und dem Gewicht der Milz

— · · · —	Kontrolle	$(y_K = x^{1,664} \cdot 0,554 \cdot 10^{-3})$
- - - - -	Gruppe A	$(y_A = x^{1,308} \cdot 0,00162)$
- · · - · -	Gruppe T	$(y_T = x^{0,672} \cdot 0,0103)$
—————	Gruppe AT	$(y_{AT} = x^{0,915} \cdot 0,049)$

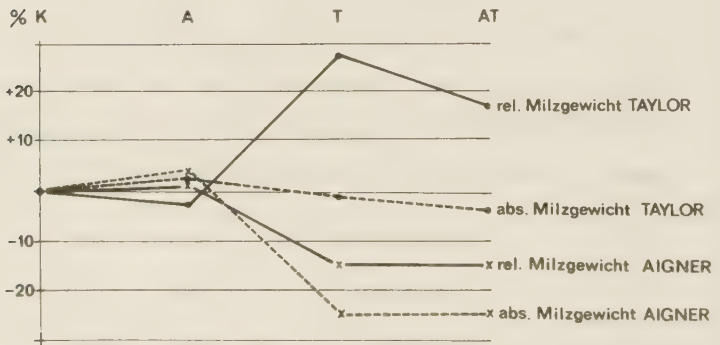


Abb. 9

Absolute und relative Milzgewichte aus dem vorliegenden Versuch und den Untersuchungen von TAYLOR (1973)

Gehirn

Das absolute Gewicht des Gehirns beträgt durchschnittlich bei

K:	0,462 g	($\pm$ 0,020)	(0,427 - 0,501)
A:	0,472 g	($\pm$ 0,023)	(0,411 - 0,535)
T:	0,458 g	($\pm$ 0,021)	(0,415 - 0,497)
AT:	0,463 g	($\pm$ 0,021)	(0,428 - 0,510) .

Die relativen Gehirngewichte betragen für

K:	1,830 %
A:	1,822 %
T:	2,050 %
AT:	2,066 % .

Die Beziehungen der Gesamtkörpergröße eines Körpers zum zugehörigen Gehirn unterscheiden sich ganz wesentlich von denen zu anderen Organen. Das Gehirngewicht bzw. seine Größe kann im Unterschied zu Organen mit eigentlichen Stoffwechsell Aufgaben als der am wenigsten veränderliche Gewichtsanteil des Organismus betrachtet werden (KLATT, 1955; FRICK, 1963). Bei nicht oder wenig veränderlichem Gehirngewicht müssen die Absolutergebnisse weitgehend gleichbleiben, die Körpergewichtsanteile hingegen eine dem sich verändernden Körpergewicht entgegengesetzte Tendenz aufweisen. In Abbildung 10 ist diese Beziehung von konstantem Hirnabsolutgewicht zum Relativgewicht bei wechselndem Körpergewicht dargestellt. Wie daraus hervorgeht, zeigen die Durchschnittswerte der vier Gruppen nur geringfügige Unterschiede. Bei abweichendem

Körpergewicht (K und A $\gg$ T und AT) bewegt sich hingegen das relative Hirngewicht gegenläufig (Tabelle 5).

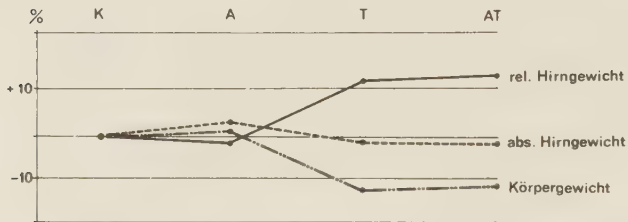


Abbildung 10 Absolutes und relatives Hirngewicht mit Körpergewicht der drei Versuchsgruppen im Vergleich zur Kontrolle

Die allometrischen und statistischen Maßzahlen für das Gehirn betragen

	K	A	T	AT
a	0,247	0,380	0,355	0,244
b	0,207	0,137	0,151	0,216
r	0,413	0,535	0,391	0,522

Der unterschiedliche Allometrieexponent des Gehirngewichts gegenüber denen der Organgewichte überrascht nicht. Der mit 0,24 - 0,38 niedrige Exponent drückt den geringen Einfluß auf das Gehirngewicht aus.

Die varianzanalytische Auswertung auf Differenz der Steigung ergab

	z_{Steigung}	
K/A	- 2,286	$> 1,96$ (P 0,05)
K/T	- 1.853	$< 1,96$ (P 0,05)
K/AT	0,063	$< 1,96$ (P 0,05)
A/T	0,363	$< 1,96$ (P 0,05)
A/AT	2,302	$> 1,96$ (P 0,05)
T/AT	1,876	$< 1,96$ (P 0,05)

Die Betrachtung des Anstiegs der Allometriegeraden des Hirns brachte einen auffälligen, jedoch noch nicht gesicherten Unterschied zwischen $A > K$ einerseits und $A > AT$ andererseits. Die übrigen Gruppen zeigten im Anstieg keine Unterschiede. Die Lage zeigte sich für die beiden trainierten Gruppen gleich. Dagegen unterscheidet sich die Lage zwischen AT und T sicher. Das gleiche Ergebnis brachte der Vergleich von A und T.

Obwohl die absoluten wie die relativen Hirngewichte der Gruppen K und A weitgehend gleich sind (0,472 bzw. 0,462 g und 1,83 bzw. 1,822 %), besteht zwischen den Hirnexponenten der beiden Gruppen ein auffälliger Unterschied ($p < 0,025$). Ein ebenso hoher Unterschied besteht zwischen den Gruppen AT und A. Ob diesen Befunden entsprechend der Einfluß des Körpergewichts sowohl bei Anabolikum wie bei Trainingsbehandlung zugenommen hat, muß bezweifelt werden.

Auf die Tatsache, daß das Nettokörpergewicht als Bezugsgröße für die Beurteilung des Hirngewichts nur schwerlich geeignet ist, mußte schon RUNZHEIMER (1969) hinweisen. Daneben stellt sich die Frage, ob in dem

besonderen Fall des Hirngewichts, d. h. bei geringer Steigung und - im ganzen gesehen - recht eng beeinander liegenden Befunden, der benutzte Test überhaupt zur Differenzsuche geeignet ist.

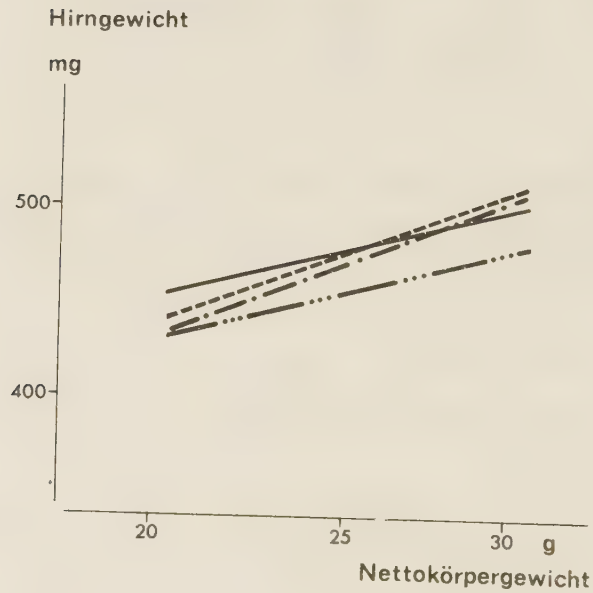


Abb. 11

Graphische Darstellung der Beziehungen zwischen dem Nettokörpergewicht und dem Gewicht des Hirns

- Kontrolle ($y_K = x^{0,247} \cdot 0,207$)
- Gruppe A ($y_A = x^{0,380} \cdot 0,136$)
- . - . - . Gruppe T ($y_T = x^{0,355} \cdot 0,151$)
- Gruppe AT ($y_{AT} = x^{0,244} \cdot 0,216$)

Zusammenfassung

An vier Gruppen Albinomäusen (je $n = 50$) eines erbreinen Stammes (Agnes Bluhm) wurde die Wirkung von Training, eines Anabolikums (Methandrostenolon = DIANABOL^R) und der kombinierten Anwendung von Anabolikum und Training auf die Organgewichte untersucht. Neben üblichen statistischen Methoden wurden die Befunde mit Hilfe der Allometrierechnung ($y = x^a \cdot b$) überprüft.

Das Herz wird durch Training erwartungsgemäß vergrößert, die Gabe des Anabolikums vermochte diesen Einfluß bei kombinierter Wirkung nicht zu steigern. So ergibt sich - beispielhaft - bei einer 25 g schweren Albino-maus (Nettokörpergewicht) durch das Anabolikum eine Erhöhung des Herzgewichts von 170 auf 175 mg, durch das Training, gleich ob mit oder ohne Anabolikum, auf 180 mg.

Das Lebergewicht der trainierten Mäuse lag höher als das Lebergewicht der von SEELIGER untersuchten BLH-Mäuse. Ein Vergleich mit unserer Kontrollgruppe war nicht möglich, da der Leberkoeffizient einen abweichenden Wert aufwies. Nimmt man den Körpergewichtseinfluß auf das Lebergewicht bei den drei Versuchsgruppen als nur zufällig verschieden an, so läßt sich vermuten, daß das Lebergewicht durch die alleinige Gabe des Anabolikums stärker erhöht wird als bei den beiden Trainingsgruppen.

Bei der Niere ließ sich an unserem Material ein eindeutiger Einfluß von Training oder Anabolikum auf das Organgewicht nicht erkennen.

Die Milz ist wegen ihres variablen Blutgehaltes und der dadurch bedingten Gewichtsunterschiede zur allometrischen Untersuchung wenig geeignet. Nach unseren Meßwerten darf angenommen werden, daß Training das Milzgewicht vermindert. Über einen möglichen Einfluß des Anabolikums lassen sich keine gesicherten Aussagen machen.

Die Sonderstellung des Gehirns, das durch das Körpergewicht wie durch äußere Einflüsse weitgehend unbeeinflußt bleibt, wurde bestätigt.

Literaturverzeichnis

=====

ASHBURN, A.D., W.L. WILLIAMS, Th.R. ARLANDER:

Comparative actions of cortisone, androgens and vit. B₁₂
 on body weight and incidence of disease in mice
 Anat. Rec. 144, 1 (1962)

BARNARD, R.J. and K.M. BALDWIN:

The effect of training and various work loads on the
 lactic acid-alactic acid oxygen debt response of exercising dogs
 Int. Z. Angew. Physiol. 28, 120 (1970)

BEICKERT, A.:

Zur Entstehung und Bewertung der Arbeitshypertrophie des
 Herzens, der Nebenniere und Hypophyse
 Arch. Kreislaufforsch. 21, 115 (1954)

BEIGLBOCK, W. und W. BRUMMUND:

Zur Frage der anabolen Wirkung von Testosteronderivaten
 Med. Welt 29, 1192 (1960)

BJERSTAF, L., B. BJURWILL, B. EKMAN, K. HAEGER and R. ORDELL:

The effect on haematological and biochemical parameters by
 treatment with nortestosterone-3-(4-hexyloxyphenyl)-propionate
 Arzneim.-Forschung 20, 1109 (1970)

BLASIUS, R., K. KÄFER und W. SEITZ:

Untersuchungen über die Abhängigkeit von androgener Wirkung
 und proteinaufbauendem Effekt der Steroid-Hormone auf die
 kontraktilen Muskelproteine des Herzens
 Klin. Wochenschr. 35, 308 (1957)

BLASIIUS, R., K. KÄFER und W. SEITZ:

Untersuchungen über die Wirkung von Testosteron auf die
kontraktilen Strukturproteine des Herzens
Klin. Wochenschr. 34, 324 (1957)

BRODY, S:

Bioenergetics and growth
New York (1945)

BUCHNER, H.:

Zur Frage der hormonalen Beeinflussung des posttraumatischen
Eiweißverlustes
Wien. Med. Wochenschr. 36, 576 (1961)

BUUCK, R.J. and G. THARP:

Effect of chronic exercise on adrenocortical function and
structure in the rat
J. Appl. Physiol. 31, 880 (1971)

CAMERINO, B. and R. SCIAKY:

Structure and effects of anabolic steroids
Specialist subject editor: Z. LARON
Pharmacology and Therapeutica, Oxford and New York (1960)

CLASS, I.:

Der Einfluß vermehrter körperlicher Tätigkeit auf die
Organgewichte von Albinomäusen
Zschr. f. Anat. und Entwickl.-geschichte 122, 251 (1961)

DESAULLES, P.A., Ch. KRÄHENBÖHL, W. SCHULER und H.J. BEIN:

Experimentelle Untersuchungen über Dianabol^R, einen
neuen anabolen Wirkstoff

Schw. Med. Wochenschr. 89, 1313 (1959)

FAULKNER, J.A., L.C. MAXWELL, D.A. BROOK and D.A. LIEBERMAN:

Adaption of guinea pig plantaris muscle fibers to endurance
training

Amer. J. Physiol. 221, 291 (1971)

FIEGEL, G.:

Beeinflussung des Myokardstoffwechsels durch anabole Substanzen,
ihre Verwertung in der Rehabilitationsbehandlung chronischer
Herzmuskelschäden

Med. Klin. 13, 519 (1962)

FRANK, A.:

Experimentelle Herzhypertrophie

Z. Ges. Exp. Med. 115, 312 (1950)

FRICK, H.:

Quantitative Untersuchungen an äthiopischen Säugetieren.
Absolute und relative Gewichte von Herz, Leber, Milz und
Nieren

Anat. Anz. 104, 305 (1957a)

FRICK, H.:

Betrachtungen über die Beziehungen zwischen Körpergewicht
und Organgewicht

Z. Säugetierkunde 22, 193 (1957b)

FRICK, H.:

Betrachtungen zum allometrischen Wachstum einiger Nagetiere

Verh. Dt. Zool. Ges. Frankfurt, 308 (1958)

FRICK, H.:

Allometrische Untersuchungen an inneren Organen von Säugetieren als Beitrag zur "neuen Systematik"

Z. Säugetierkunde 26, 138 (1961)

FRICK, H. und J.J. NORD:

Domestikation und Hirngewicht

Anat. Anz. 113, 307 (1963)

GOLDSPINK, G. and K.F. HOWELLS:

Work-induced hypertrophie in normal muscles of different ages and the reversibility of hypertrophie after cessation of exercise

J. Physiol. 239, 179 (1974)

GOLLNICK, P.D. and D.W. KING:

Effect of exercise and training on mitochondria of rat skeletal muscle

Amer. J. Physiol. 216, 1502 (1969)

GORDON, E.E., K. KOWALSKI and M. FRITTS:

Adaptions of muscle to various exercises

Jama, 199, 103 (1967)

HARDE, K.W.:

Die Organproportionierung bei zwei Mäuse-Zuchtstämmen
mit sehr verschiedener Körpergröße.

Zool. Jg., Abt. Allg. Zool. 65, 439 (1954/55)

HATAI, S.:

On the influence of exercise on the growth of organs in
the albino rat

Anat. Rec. 9, 647 (1915)

HENDERSON, E., H. SENECA, G.A. MESSIH and M. WEINBERG:

Androgens and renal function; effect of testosterone
propionate in uremia due to cholera

J. Clin. Endocrinol. 8, 851 (1948)

HETTINGER, Th.:

Der Einfluß des Testosterons auf Muskulatur und Kreislauf
Med. Mitt. 21, 140 (1960)

HOFFMANN, A.:

Der Einfluß des Trainings auf die Skelettmuskulatur
Zschr. Mikrosk.-Anat. Forsch. 43, 595 (1938)

HOLLMANN, W. und Th. HETTINGER:

Sportmedizin-, Arbeits- und Trainingsgrundlagen
Schattauer Verlag, Stuttgart - New York (1976)

HORKY, J. and S.D. GANGOLLI:

Changes of weight, nitrogen, kalium und phosphorus in
some organs of rats after various anabolic steroids

Cs. Gastroent. Vyz. 27, 151 (1973)

IMBRIE, J.:

Biometrical methods in the study of invertebrate fossils
Bull. Amer. Mus. Natural Hist., New York (1956)

JOHNSON, L.C. and J.P. O'SHEA:

Anabolic steroid: effect of strength development
Science 164, 957 (1969)

JOHNSON, L.C., G. FISCHER, L.J. SILVESTER and C.C. HOFHEINS:

Anabolic steroid: effects on strength, body weight, oxygen
uptake and spermatogenesis upon nature males
Medicine and Science in Sports 4, 43 (1972)

KELLER, H.M., P. IMHOF, H. HOWALD, U. IMHOF and M. TURRI:

Veränderungen von Plasmavolumen, Haematokrit und Körper-
gewicht bei Skilangläufern
Schweiz. Zschr. Sportmed. 61 (1971)

KERMACK, K.A. and J.B.S. HALDANE:

Organic correlations and allometry
Biometrika 37, 30 (1950)

KEUL, J. und W. KINDERMANN:

Leistungsfähigkeit und Schädigungsmöglichkeit bei Einnahme
von Anabolika
Leistungssport 6, 108 (1976)

KIRCH, E. und W. NORMBERGER:

Entwicklungsgang und Rückbildung der sportlichen Herzhyper-
trophie im Tierversuch
Arch. Kreislaufforsch. 4, 1 (1939)

KLATT, B.:

Zur Methodik vergleichender metrischer Untersuchungen,
besonders des Herzgewichtes
Biol. Zentralbl. 39, 406 (1919)

KLATT, B.:

Noch einmal: Hirngröße und Körpergröße
Zool. Anz. 155, 215 (1955)

KLEMMT, L.:

Quantitative Untersuchungen an Apodemus sylvaticus
(LINNAEUS 1758)
Zool. Anz. 165, 249 (1960)

KOCHAKIAN, C.D.:

Effect of male hormone on protein metabolism of castrated
dogs
Proc. Soc. Exper. Biol. 32, 1064 (1935)

KOCHAKIAN, C.D., J.H. HUMM and M.N. BARTLETT:

Effect of steroids on the body weight, temporal muscle
and organs of the guinea pig
Amer. J. Physiol. 155, 242 (1948)

KOCHAKIAN, C.D. and C.E. STETTNER:

Effect of testosterone propionate and growth hormone on
the weights and composition of the body and organs of
the mouse
Amer. J. Physiol. 155, 255 (1948)

KOPEC, St.:

Geschlechtsunterschiede, Asymmetrien und Variabilität
der Gewichte der inneren Organe und einiger Knochen bei
252 Tage alten Mäusen
Zool. Jb. Abt. Allg. Zool. 59, 73 (1939)

KORENCHEVSKY, V. and M.A. ROSS:

Kidneys and sex hormones
British Med. Journal, April 20 (1940)

LEON, A.S. and C.M. BLOOR:

Effects of exercise and its cessation on the heart and
its blood supply
J. Appl. Physiol. 24, 485 (1968)

LINZBACH, A.J.:

Mikrometrische and histologische Analyse hypertropher
menschlicher Herzen
Virchows Arch. Path. Anat. 314, 534 (1947)

McCAFFERTY, W.B. and D.W. EDINGTON:

Skeletal muscle and organ weights of aged and trained
male rats
Gerontologia 20, 44 (1974)

MORPURGO, D.:

Über die postembryonale Entwicklung der quergestreiften
Muskeln von weißen Ratten
Anat. Anz. 15, 200 (1898)

NETT, I.:

Leichtathletisches Muskeltraining

Berlin - Frankfurt - München, Bartel und Wernitz (1970)

NOWAKOWSKI, H. und J. PARADA:

Klinische Erfahrungen mit 19-Nortestosteron-Phenylpropionat

Dtsch. Med. Wochenschr. 34, 1421 (1958)

OSCAI, L.B., P.A. MOLE, B. BREI und J.O. HOLLOSZY:

Cardiac growth and respiratory enzyme levels in male rats
subjected to a running program

Amer. J. Physiol. 220, 1238 (1971)

ÖSTMAN, I. and N.O. SJÖSTRAND:

Effect of prolonged physical training on the catecholamine
levels of the heart and the adrenals of the rat

Acta Physiol. Scand. 82, 202 (1971)

PITTS, G.C., L.S. BULL and J.A. WAKEFIELD:

Exercise with force feeding in the rat

Amer. J. Physiol. 227, 341 (1974)

POLLOCK, M.L.:

Effects of walking on body consumption and cardio-vascular
function of middle-aged men

J. Appl. Physiol. 30, 126 (1971)

ROTHE, H.:

Die Größe des Herzens und einiger anderer Organe (Leber, Milz, Nieren) bei der grauen und weißen Hausmaus
Zool. Anz. 105, 281 (1934)

RUNZENHEIMER, J.:

Quantitative Untersuchungen an der 5. Gefangenschaftsgeneration von *Clethrionomys glareolus* (SCHREBER, 1780)
Zschr. f. Säugetierkunde 34, 9 (1969)

SALLER, K.:

Untersuchungen über das Wachstum bei Säugetieren (Nagern).
III. Teil: Das extrauterine Wachstum der Milz bei der weißen Hausmaus
Roux Arch. 124, 298 (1931)

SALTIN, B., L.H. HARTLEY, A. KILBOM and I. ASTRAND:

Physical training in sedentary middle-aged and older men
Scand. J. Clin. Lab. Invest. 24, 315 (1969)

SCHIEFFERDECKER, I. und H. SCHULTZE:

Die Aktivitätshypertrophie. Beitrag zur Kenntnis des Baues des Sartorius des Hundes und der Muskeln im Allgemeinen
Zschr. Nervenheilkunde 25, 146 (1903)

SCHMIDT, H.A.E., K. MUSSHOFT, H. REINDELL, K. KÖNIG, D. BURCHARD, E. HELD und J. KEUL:

Die Beziehungen zwischen Blutvolumen, Herzvolumen und körperlicher Leistung
Zschr. f. Kreislauff. 51, 165 (1961)

SCHWARTING, G. und R. NETH:

Über anabole Wirkstoffe

Schweiz. Med. Wochenschr. 90, 1092 (1960)

SEEHER, W.D.:

Der Einfluß körperlicher Belastung auf die Organgewichte
von Albinomäusen bei gleichzeitigen regelmäßigen Übungen
Med. Diss. München, in Vorbereitung

SEELIGER, H.:

Quantitative Untersuchungen an Albinomäusen (Erbreiner
Stamm "Agnes Bluhm")
Anat. Anz. 109, 51 (1960)

SELYE, H.:

Morphological changes in female mice receiving large
doses of testosterone
J. Clin. Endocr. 1, 208 (1939)

SIEBERT, W.:

Untersuchungen über Hypertrophie des Skelettmuskels
Zschr. Klin. Med. 109, 351 (1928)

SKINNER, J.S.:

Effects of a program of endurance exercises on physical
work
Amer. J. Cardiol. 14, 747 (1964)

SMODLAKA, V.:

Les modifications morphologiques de l'organisme du sportif
entraîné et surentraîné. In: La médecine sportive.
Rapport du congrès de 1958, Moscou 1960

SONG, M.K.:

The mode of adrenal gland enlargement in the rat in
response to exercise training
Pflügers Arch. Physiol. 339, 59 (1973)

STEINBACH, M.:

Ober den Einfluß anaboler Wirkstoffe auf Körpergewicht,
Muskelkraft und Muskeltraining
Sportarzt und Sportmedizin 19, 485 (1968)

TAYLOR, A.W., D.C. SCORD and P. MURRAY:

Rat muscle and organ weights after castration: the effects
of anabolic steroids and exercise
Endocrin. 61, 372 (1973)

THÜRNER, W.:

Trainingsversuche an Hunden. III. Histologische Beobach-
tungen an Herz- und Skelettmuskeln
Arbeitsphysiol. 8, 359 (1935)

WETTE, R.:

Regressions- und Kausalanalyse in der Biologie
Metrika 2, 131 (1959)

WEX, L.:

Der Einfluß körperlicher Belastung auf das Gesamtkörper-
gewicht und die Extremitätengewichte bei gleichzeitigen
regelmäßigen Ölgaben
Med. Diss. München, in Vorbereitung

WYDRA, O.:

Der Einfluß eines Anabolikums (Dianabol^R) und eines Muskeltrainings auf Skelettmuskeln der Maus

Zschr. Anat. Entwickl.-Gesch. 136, 73 (1972)

Für die Überlassung des Themas darf ich mich beim Vorstand der
Anatomischen Anstalt, Herrn Prof. Dr. H. Frick, herzlich bedanken.

Lebenslauf

Am 19. August 1943 wurde ich als Sohn von Joseph und Martina Aigner in Freising geboren.

Nach Volksschule und Gymnasium in Freising studierte ich Tiermedizin. 1969 promovierte ich und erhielt die tierärztliche Bestallung.

Nach mehrjähriger Tätigkeit als Tierarzt in Praxis und Institut nahm ich 1973 das Studium der Medizin auf. Unter Anrechnung von 3 Semestern konnte ich nach 9 Semestern im Frühjahr 1978 die ärztliche Prüfung abschließen.

Nachdem ich bereits während des Studiums als wissenschaftliche Hilfskraft in der Anatomischen Anstalt München tätig war, konnte ich ab Mai 1978 eine Assistentenstelle am gleichen Institut übernehmen.

Seit 1970 bin ich mit Elisabeth Grimm verheiratet.

